

İmalat Süreçlerinde Ortam Gazlarının Enerji Verimliliği Açısından İzlenmesi

Ganime Tuğba Önder¹

Özet

İmalat ortamlarında bulunan, zehirli, yanıcı, patlayıcı ya da oksijen seviyesinde olumsuz değişikliklere neden olan tehlikeli gazların tespit edilmesi, izlenmesi ve kontrol edilmesi büyük önem taşımaktadır. İmalat süreçlerinin kaliteli, verimli ve çevreye zarar vermeden devam edebilmesi için her aşamasında takip edilmesi gerekir. Özellikle, gerçekleştirilen kesme, delme, kaynak gibi mekanik operasyonlar, ortamda var olan gazların niteliğine ve miktarına bağlı olarak her an tepkime yaratabilir ve geri döndürülemez kayıplara neden olabilir. İmalat sürecinin ve çevrenin olumsuz etkilenmemesi, iş akışında duraklamalar yaşanmaması için imalat öncesinde ve imalat esnasında bazı prosedürlerin uygulanması gerekir. Bu çalışmada, gaz ölçümü gerçekleştirilmesi gereken ortamlar, iş kazası, zehirlenme ve patlama gibi olumsuzlukların önüne geçilmesi için yapılması gerekenler anlatılmaktadır. Bu sayede sistemlerin düşük maliyetli, çevre açısından sorun teşkil etmeden, verimli ve güvenli çalışması sağlanabilmektedir.

1. Giriş

İmalat süreçlerinde çeşitli gazlar ortaya çıkmaktadır. Bunlar arasında, karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), hidrojen sülfür (H₂S), metanol (CH₃OH), uçucu organik bileşikler (VOC), propan (C₃H₈), azot dioksit (NO₂) ve oksijen (O₂) seviyeleri öne çıkar. Bu gazlardan bazıları toksik, bazıları ise yanıcı ve patlayıcıdır (Tablo1). Toksik gazlar, bulunduğu zaman zehirleyici etkilere sebep olurken, yanıcı ve patlayıcı gazlar, niteliğine, miktarına ve bulunduğu ortamdaki durumuna bağlı olarak yanma, patlama, zehirlenme gibi yapısal ve çevresel hasarlara sebep olmaktadır. İmalat tesislerinde, ortam havasındaki gazların kontrolü, yalnızca iş sağlığı ve

1 Öğr. Gör. Dr., Çukurova Üniversitesi, Adana MYO Elektrik ve Enerji Bölümü İklimlendirme ve Soğutma Teknolojileri Programı, gercoskun@cu.edu.tr, 0000-0002-7504-7394

güvenliği açısından değil, aynı zamanda enerji verimliliğinin sağlanması açısından da büyük önem taşır. Endüstriyel üretim süreçlerinde açığa çıkan gazlar, hem çalışan sağlığını tehdit eder, hem de sistemlerin verimli çalışmasını engeller. Bu nedenle ortam gazlarının izlenmesi, kontrol altına alınması ve güvenli seviyelerde tutulması hayati önem taşır.

Gaz ölçüm cihazları, ortamda bulunan gazların türünü ve miktarını sürekli olarak denetleyen sistem elamanlarıdır. Bu cihazlar ile gazın anlık takibi yapılabilir, gaz sızıntısı ya da oluşan ani bir artışın tespiti gerçekleştirilebilir. Gaz detektörü olarak isimlendirilen bu cihazlar, kullanıcıyı uyarmak amacıyla ışıklı ve sesli uyarı/ ikaz özellikleri taşırlar. Bu cihazlar aracılığı ile elde edilen veriler, ölçüm yapılan gaz ile ilgili bir envanter ortaya koyacağı gibi o gaza ait yanma koşullarını optimize etmeyi de sağlar. İmalat nedeniyle hangi gaza ihtiyaç duyuluyorsa, bu gazın ortamda fazlalığının tespiti ile enerji kaybı minimuma indirilir. Bu durum, aynı zamanda gereksiz kaynak kullanımının da önüne geçer. Yanma işlemi için kullanılan bir gazın, az olması da eksik yanma nedeni ile enerji kayıplarına ve ortamda bazı artık gazların oluşumuna neden olur. İstenmeyen gazlar ise emisyon değerlerinde artmaya ve çevre için olumsuz etkilere neden olur. Gazların fazlalığı gibi azlığının da tespiti bu nedenle çok önemlidir.

2. Gazlar ve Ölçüm Özellikleri

2.1. Alt ve Üst Patlama Sınırı

Gazlar, belirli aralıklarda hava ile karıştığında yanıcı ve patlayıcı özellik taşır. Alt patlama sınırı (Lower Explosive Limit-LEL), bir gazın havadaki konsantrasyonunun patlama yaratabilecek en düşük seviyesidir. Bu seviyenin altındaki oranlarda, gazlar tutuşmazlar. Üst patlama sınırı (Upper Explosion Limit -UEL) ise bir gazın havadaki konsantrasyonunun patlama yaratabilecek en yüksek seviyesidir (ÇSGB, 2015; İSG 2012). Bazı gazlara ait LEL ve UEL değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

LEL değeri altında fakir karışım, UEL değeri üzerinde ise zengin karışım oluştuğu için yanma ya da patlama bu durumda meydana gelmez (Celep, 2023). LEL seviyesinin altında, karışım henüz yanıcı değildir ancak, gaz sızıntısı mümkündür. UEL değeri aşıldığında ise patlama olmamasının nedeni, ortamda yeterli oksijen bulunmamasıdır. Yetersiz oksijen nedeniyle, yanma olayı gerçekleşmez. LEL %100 olduğunda ortamda patlama riski çok yüksektir ve ufak bir kıvılcım ya da statik elektrik gibi etkenlerle, anında patlama meydana gelebilir. Ortama herhangi bir nedenle hava girişi de oksijen girişine neden olacağı için patlama tehlikesi yüksektir.

Patlamadan ve yanmadan korunmak amacıyla, imalat yapılan ve çalışma ortamlarda, sürekli gaz takibi yapılmalı, alt ve üst gaz sınır değerlerine dikkat edilmelidir. Ortam gaz seviyesi düşük seviyelerde kritik hale gelmeden önce, cihaz üzerinde ayarlanmış LEL değerinin tespiti ile havalandırma yapılarak önlem alınabilir. Havalandırma sistemleri, imalat nedeniyle oluşan egzoz dumanlarını, yanıcı ve patlayıcı özellik taşıyan ve ortamda istenmeyen gazları, sağlıklı bir şekilde ortamdaki uzaklaştırmak için kullanılırlar. Ortamda bulunan yüksek gaz seviyelerinde, Şekil 1'de görülen özellikle imalat ortamları için uygun olan, pratik hava tahliye sistemleri kullanılmaktadır. Bu tahliye sistemi, ortamda bulunan ve uzaklaştırılmak istenen gaz, buhar, duman ya da koku gibi unsurların, ağız kısmında bulunan fan yardımı ile iç ortamdaki emilmesini ve dış havaya naklini hızlıca sağlar.



Şekil 1. Hava tahliye sistemi

Tablo 1. Gazlar ve özellikleri

Gaz	Özellik
CO	Toksik- Yanıcı Patlayıcı
CO ₂	Toksik
CH ₄	Yanıcı Patlayıcı
C ₃ H ₈	Yanıcı Patlayıcı
H ₂ S	Toksik- Yanıcı Patlayıcı
NO ₂	Toksik
O ₂	Yüksek basınçta toksik olabilir, yanıcı patlayıcı değildir ancak patlamayı destekleyicidir
CH ₃ OH	Toksik- Yanıcı Patlayıcı
VOC	Toksik- Yanıcı Patlayıcı

Tablo 2. Bazı gazlara ait LEL ve UEL değerleri

Gaz	LEL (% hacim)	UEL (% hacim)
CO	12.5	74
H ₂	4	75
C ₃ H ₈	2.1	9.5
CH ₄	5	15
H ₂ S	4	44
CH ₃ OH	6	36
VOC	1-3	7-12

2.2. Karbon Monoksit (CO)

Toksik, yanıcı ve patlayıcı özellikler taşıyan CO, oksijen taşıma kapasitesini engellemesi nedeniyle, hem çalışan sağlığı, hem de proses kontrolü için takip edilmesi gereken bir gazdır. Bu gaz, renksiz, kokusuz ve toksik özellikler taşır. CO gazı, elektrokimyasal (EC) ve kızılötesi (NDIR -Nondispersive Infrared) sensörlü gaz detektörleriyle ölçülmektedir. Özellikle kazan, fırın gibi yanma sistemleri olan çalışma alanlarında, yanma verimliliğini izlemek, eksikliğini veya fazlalığını belirlemek amacıyla ihtiyaç duyulur. Tam yanma anında, CO seviyesinin sıfıra yakın olması beklenir. Eğer CO seviyesi yüksekse, bu yanmanın yetersiz olduğuna işaret eder. Bu durum, oksijenin de düşük olmasından kaynaklanır. Bu alanlarda, tam yanma olayının sağlıklı gerçekleştiği takip edilmelidir. Gazların beklenen seviyelerde olmaması, brülör gibi yakıt yakma sistemlerindeki bir problemten kaynaklanabileceği gibi, yanma gazlarının karışım oranlarındaki hatadan da kaynaklanabilir.

Kapalı alan olarak tabir edilen çalışma ortamlarında ise CO, zehirlenmeyi engellemek ve yasal sınırlamaları sağlamak amacıyla kontrol altında tutulur. Maden, metal işi yapılan sektörler, kapalı otopark, endüstriyel mutfak gibi alanlarda CO seviyesi, güvenli bir ortam sağlanabilmesi için 10 ppm altında kalmalıdır (TS EN 50291-1) . Kimya ve petrokimya endüstrisi için üretimin bir parçası olan CO, 8 saatlik çalışma süresi için 25 ppm (ACGIH 2024) - 50 ppm (İSGÜY 2013) kronik maruziyet süresine sahiptir.

2.3. Karbondioksit (CO₂)

Yanıcı olmayan CO₂, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Ölçümü için NDIR sensör kullanımı, en yaygın olanıdır. İmalatta tüp olarak kullanılan ortamlarda, gaz sızıntısı, zehirlenme, boğulma tehlikesi nedeniyle takip edilmelidir (TS ISO 16000-26). Kalite ve güvenlik amacıyla gıda sektöründe;

ortamda havalandırmanın yetersiz olduğu alanlarda sersemlik, baş ağrısı ya da performans azalmasına neden olmaması için iç hava kalitesi için takip edilmelidir (TS EN 13779). CO₂ tüpleri ile çalışılan imalat sektörlerinde, havalandırma sistemlerinin periyodik kontrolü mutlaka yapılmalıdır.

2.4. Metan (CH₄)

Renksiz, kokusuz, yanıcı bir gaz olan CH₄ gazı, ısınma, elektrik üretimi, atıksu arıtma ve tarımsal atıklardan biyogaz üretilen tesislerde, yaygın olarak bulunur. Hava ile belirli bir oranda karışabilen CH₄ gazının tespiti için EC, katalitik boncuk (pellistor) ve NDIR sensörler tercih edilir. Patlama riskine karşı, %LEL seviyeleri imalat işlemleri esansında sürekli takip edilmelidir. Ortamda %5 hacmin üzerinde metan, hava ile patlayıcı karışım oluşturabilir (ISO 10156).

2.5. Propan (C₃H₈)

C₃H₈ gazı, renksiz ve kokusuzdur. Sızıntısının fark edilebilmesi için uyarı amaçlı içerisine koku eklenir. Hava ile %2.1 – %9.5 hacim aralığında patlayıcı bir karışım haline gelen yüksek yanıcılığa sahip bir gazdır (İSG 2012). Bu nedenle, imalat ortamlarında güvenli çalışılabilmesi için kontrol altında tutulması ve sürekli izlenmesi gerekir. Katalitik ve IR sensörlü cihazlar ile ölçülür.

2.6. Hidrojen Sülfür (H₂S),

H₂S gazı, renksiz ve çürük yumurta benzeyen bir kokuya sahiptir. Toksik, yanıcı ve patlayıcı bir gaz olduğu için elektrokimyasal, alev fotometrik dedektör ve PID dedektör sensörlerle hassas ölçüm yapılmalıdır (TS ISO 6326-4). Bu gaz, düşük konsantrasyonlarda dahi merkezi sinir sistemini olumsuz etkiler. Çalışma ortamında 10 ppm H₂S gazı bulunması durumunda 10 dakikadan daha fazla süre kalınmamalı, bu değer 100 ppm olduğunda ise ortam acilen terkedilmelidir (NIOSH 2011).

2.7. Azot Dioksit (NO₂)

NO₂ gazı, enerji santralleri, sağlık, gıda, kimya, otomotiv endüstrisi gibi farklı sektörlerde yaygın olarak bulunmaktadır. NO₂ gazı, yanıcı ve patlayıcılık açısından güvenilir bir gaz olmakla beraber, yüksek konsantrasyonlarda solunum ve sinir sistemini olumsuz etkileyen toksik bir gazdır. Ayrıca, havadaki su buharı ile reaksiyona girerek korozif nitrik asit ve toksik organik nitrat oluşturarak çevreye ve havaya zarar verir. Ölçümünde EC sensörler kullanılır. Araç trafiği olan yerlerde NO₂ gazına daha fazla rastlandığından, trafikte salınımının da sürekli izlenmesi gerekir.

2.8. Oksijen (O₂)

Oksijen yanıcı değil yakıcı bir gaz olduğu için alt ve üst patlama değerleri yoktur. Ancak, yanma tehlikesi taşıyan gazlar ile bir arada bulunduğu anda tehlike yaratır. Oksijen seviyesi %19,5 altına düşmemeli, %23,5 üzerine çıkmamalıdır (NIOSH 2011). Kritik seviyelerde alarm sistemleri devreye girmelidir. O₂ ölçümleri, EC sensör, zirkonya sensör, optik (Lazer/IR Spektroskopisi) sensörler ve laboratuvar cihazlarında paramanyetik sensörler ile hassas olarak yapılır.

2.9. Metanol (CH₃OH)

Renksiz, uçucu, yanıcı ve çok zehirli bir sıvıdır. Cilt, solunum ya da ağız yolu ile alındığında ciddi hasarlara neden olur. 10 ml CH₃OH optik sinirlere hasar verirken, 30 ml ölümcül olabilir. %6 oranında CH₃OH, hava ile karışarak patlamaya uygun ortam oluşturur (OSHA 2025). Katalitik, IR ve PID sensörlerle ölçülebilir. Havadan ağır olan bu gazın ölçümü için gaz dedektörleri, yere yakın konumlandırılmalıdır.

2.10. Uçucu Organik Bileşikler (VOC)

Toksik, yanıcı ve patlayıcı özellik taşıyan VOC'ler, düşük LEL değerine (1-3) sahiptirler, bu değer altındaki dahi sıcak yüzeye temas ya da statik elektrik ile alev alabilirler. Bu nedenle yetersiz havalandırma ya da gaz birikimi ile patlayıcı bir ortam yaratırlar. Boya, plastik, ilaç üretimi yapılan sektörlerde VOC'ler sıklıkla bulunmaktadır. Özellikle solvent kullanılan ortamlarda, maske ve havalandırma tedbirleri alınmalıdır. VOC ölçümlerinde, PID cihazlar ve IR spektrum analizörleri tercih edilir.

2.11. Gaz Ölçüm İşlemi

Gaz dedektörleri ve emisyon ölçüm cihazları aracılığı ile gerçekleştirilen ölçümler, imalat ortamının, personellerin ve çevrenin güvenliğini sağlamak için yapılır. Yapılan bu işlem, havalandırma sistemlerinin performansını, egzoz gazlarının dışarıya doğru atıldığını da kontrol etmek amacıyla yapılmaktadır. Gaz ölçüm cihazları genellikle %LEL cinsinden uyarı verirler.

Aşağıda, gaz ölçümü için kullanılan portatif cihazlara ait, genel uygulama adımları yer almaktadır.

1. Cihaz açılınca kalibrasyon otomatik yapılır. Bu esnada ikaz ışıkları kısa süreli uyarılar verir. Kalibrasyon işlemi değerlerin doğru okunması için önemli bir adımdır.

2. Sensörlerin çalıştığı doğrulamak, ölçüm yapılacak gaza cihazın yanıt verdiğinden emin olmak amacıyla, fonksiyon testi olarak da anılan “Bump test” yapılır. Bu aşama, tehlikeli bir gazın varlığının tespit edilemediğini gösteren bir aşamadır.

3. Cihaz, üzerinde bulunan sensörler vasıtasıyla algılama yapmaktadır (Şekil 2). Ölçüm esnasında cihaz kullanıcıya yakın olmalıdır.



Şekil 2. Portatif gaz ölçüm cihazı

4. Ölçülen gaz miktarları ve %LEL değeri ekranda görüntülenir ve ekran üzerinden takip edilir (Şekil 3).



Şekil 3. Gaz ölçüm cihaz ekranı

5. Cihazda tanımlanan gazların limit değerleri aşılsa, sesli-ışıklı ikazlar ile sistem alarm durumuna geçer. Örneğin, CO seviyesi 25 ppm'i aşmamalı, metan %5 LEL'in altında kalmalı ve O₂ seviyesi %19,5–23,5 arasında tutulmalıdır. Şekil 2'de ölçüm cihazı, metan seviyesi için ikaz durumundadır.

Güvenilir bir ölçme işlemi yapabilmek için dikkat edilmesi gerekenler;

- Cihazlar günlük kontrol edilmeli, haftalık test yapılmalı,
- Cihazın pili dolu ve sensörleri sağlam olmalı,
- Cihazı eğitimli personel kullanmalı,
- Kapalı alanlara gaz ölçümü yapılmadan girilmemeli,
- Kritik değerlerde ortamdan uzaklaşılmalıdır.

Tablo 3'de, imalat ortamları için, bazı önemli gazlara ait ölçme işlemleri özetlenmiştir.

Tablo 3. Ölçme İşlemleri

Gaz	Tespit, izleme ve kontrol yöntemi	Ne Zaman?	Nerede?
CO	EC ve NDIR sensör	Her operasyon öncesi,	Yanma sistemleri (kazan, fırın, türbin vb.), Kapalı alan, Kimya ve Petrokimya Endüstrileri
CO ₂	NDIR sensör	operasyon anı ve sonrası sürekli	Havalandırma sistemleri, laboratuvarlar, endüstriyel mahaller
CH ₄	EC, Pellistor ve NDIR	kontrol	Madenler, doğalgaz tesisleri, petrol rafinerileri
C ₃ H ₈	Katalitik, IR sensör		Metal işleme, plastik-cam sanayi, ısıtma sistemleri, LPG araç yakıtı, tarım
H ₂ S	EC, PID ve alev fotometrik sensör		Atıksu arıtma tesisi, kanalizasyon sistemleri rafineriler, petrol ve gaz sektörü, biyogaz tesisleri, kimya endüstrisi, tarım
NO ₂	EC ve NDIR sensör		Trafik, Egzoz gazı, tüneller
CH ₃ OH	Katalitik, IR ve PID sensör		Plastik, boya ve ilaç sanayii, biodizel yakıt üretiminde katkı, yarış yakıtı katkısı
O ₂	EC, zirkonya ve paramanyetik sensör, Lazer/IR Spektroskopi		Kapalı alanlar, oksijen seviye takibi gerektiren alanlar, medikal
VOC	PID sensör		Endüstriyel tesisler, boya ve solvent kullanılan sektörler, laboratuvarlar

3. Sonuç ve Öneriler

Gaz ölçüm cihazları, başta işçi sağlığı ve güvenliği olmak üzere, işletme ortamını ve çevreyi de kontrol altında tutabilmek amacıyla, sanayi ve kamu sektörlerinde vazgeçilmez ekipmanlardandır. Günümüzde, gaz algılama ve izleme sistemleri mekanik, sabit ve basit yapısından çıkarak, dijital, taşınabilen ve kablosuz kullanılabilen, akıllı sensörler ile desteklenmiş, uzaktan ve internet aracılığı ile denetlenebilen (IoT destekli uzaktan izleme sistemleri) bir yapıya kavuşmuştur. Patlamaya karşı ekipmanlar, basit kıvılcım önleyici, basit alev tutucu, manuel ve klasik elektrikli cihazlar, otomatik kontrol edilebilen (SCADA, DCS vb.), akıllı alarm sistemleri ve patlamaya dayanıklı (ex-proof) malzemeler ile desteklenmektedir. Manuel örneklemeler ve laboratuvar analizleri artık, gerçek zamanlı yapay zeka ve bulut tabanlı risk izleme platformları ile yapılabilmektedir. Yüz yüze yapılması gereken bazı uygulamalı eğitimler dahi günümüzde sanal gerçeklik (VR) simülasyonları ile yapılabilmekte, birçok analiz takip ve listeleme işlemleri mobil uygulamalar aracılığı ile gerçekleştirilebilmektedir. İmalat süreçlerinde, ortam gazlarının ölçülmesine dair yenilikler, işin türüne ve niteliğine göre çalışma alanına entegre edilmelidir.

Yapılan ölçümlerin, eğitimli personel tarafından, kalibre edilmiş cihazlar ile olması son derece önemlidir. Doğru ölçüm, doğru cihaz ve doğru eğitim, hayat kurtaracağı gibi en ufak bir prosedürün yerine getirilmemesi de zehirlenme, yanma ya da patlamaya neden olabilir. Şekil 4’de kapalı alanda gerçekleştirilen bir kesme işlemi görüntüsü yer almaktadır. Sıcaklık yükselmeden, ortamda bulunan gaz, yanma ve patlama noktasına erişmeden, çıkan kıvılcımların sorun çıkartmadan söndüldüğünden emin olarak işlem yapılması için su ile kesme işlemi yapılmaktadır. Bu ve benzeri işlemlerde, sıcaklık yükselmeden ve oluşan tehlikeli gazın tahliye edildiğinden emin olmak için işlem sürekli gaz + sıcaklık ölçümü altında ve zaman aralıklarıyla gerçekleştirilir. Bu şekilde, imalat işlemlerinin güvenli yapılması sağlanır.



Şekil 4. Kapalı alanda kesme işlemi

Gaz kaçak alarm sistemleri, alev sızdırmaz (ex-proof) donanım, eksiksiz ve her an çalışır durumda olmalıdır. Bakım ve kalibrasyon işlemleri işin niteliğine göre her işlem öncesinde, işlem sırasında ve sonrasında ayrıca belirlenen periyotlarda kusursuz bir şekilde yapılmalıdır. Özellikle, sınır gaz değerlerinde yapılacak proses işlemleri, portatif CO detektörleri ile anlık ve yakın mesafeden sürekli kontrol altında tutulmalıdır. İmalat işlemleri, ölçümü gerçekleştiren personel izin vermediği müddetçe başlamamalıdır. Aksi takdirde yanma ve patlama olayları kaçınılmaz olur. İşlemler yapılırken, tüm iş güvenliği önlemleri alınmış olmalıdır. Alınan önlemlere rağmen, herhangi bir olumsuzluğun meydana gelme ihtimaline karşı, her an yangın söndürme cihazları, yangın söndürme battaniyesi benzeri ekipman yangını büyümeden söndürmek üzere işlem yapılan alanda hazır bulundurulur. Eğer yapılan işlemler, kapalı alanda gerçekleştirilecekse, kapalı alanlara girerken ya da patlama riski olan yerlerde gaz ölçümü yapılmadan hiçbir işleme başlanmamalıdır. Burada yapılacak işlemler kapalı alan niteliğine uygun olarak belirlenmiş süreye ya da haberleşme sistemine bağlı kalarak işlem prosedürlerine uyulmalıdır. İmalat yapılan tüm ortamlarında, acil durum kaçış yollarının bulunması da önemli bir zorunluluktur. 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanununa göre işverenler, işin türüne ve tehlikesine göre havalandırma ve gaz ölçüm sistemlerinin kurulması, risk değerlendirmesi yapılması, çalışanların eğitilmesini ve güvenli çalışma ortamının sağlanması ile yükümlüdür.

İmalat tesislerinde, ortamdan elde edilen gaz ölçüm sonuçlarıyla yapılan veri analizleri sayesinde, kayıp ve kaçak gaz miktarları, sebep ve sonuçları belirlenerek, ideal imalat ortamı tanımlanabilir. Ayrıca, her imalat alanına

uygun olarak, mevcut ve tehlikeli durumlar için uygun önlemler alınabilir ya da tehlikeli durum tamamen ortadan kaldırılabilir. Bu durum, maliyet açısından tasarruf elde etmek için de oldukça önemlidir. Çünkü herhangi bir kaza, yanma ya da patlama durumunda, işletmeler büyük maddi kayıplar yaşamakta, bunun yanı sıra işletme imajı da olumsuz etkilenmektedir. İmalat ortamlarında gaz takibi yapmak, sadece gazların miktarını belirlemekle kalmaz, tesise ait bir elemanda arıza durumu varsa, bunun da tespit edilmesine hizmet eder. Sistemin tüm elemanlarının, enerji verimliliği açısından, bir bütün olarak çalışması gerekir. İmalat ortamında var olan ve imalat nedeniyle oluşan gaz emisyon değerleri, dinamik, eş zamanlı, otomatik ve teknolojik yenilikler ile ölçülebilir, gereken tedbirler gecikmeden alınabilir. Bu sayede, zaman ve enerji kayıplarının önüne geçilebilir. Çalışanlar ve çevre korunabilir.

Kaynaklar

- ACGIH. (2024). Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs). American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- Celep, F. (2023). Uçucu yanıcı gazların birikme davranışının hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyonu yöntemiyle incelenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,
- ÇSGB (2015). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunmalarına İlişkin Uygulama Rehberi, 51 s.
- ISO 10156 (2017). Gases and gas mixtures- Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets.
- İSGÜY (2013). T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği ve İşyeri Ortam Ölçümleri Rehberi. Resmî Gazete No: 28512.
- İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu- 6331 – İSG (2012). Resmî Gazete Tarihi: 30.06.2012 Resmî Gazete Sayısı: 28339.
- National Institute for Occupational Safety and Health- NIOSH (2011). Documentation for Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLHs). Centers for Disease Control and Prevention.
- Occupational Safety and Health Administration- OSHA (2025). Methanol. U.S. Department of Labor. Retrieved June 7, 2025, <https://www.osha.gov/chemicaldata/474>.
- TS EN 13779- Türk Standardları Enstitüsü- TSE (2004). Binalarda iç hava kalitesi için havalandırma standardı. Ankara: TSE Yayınları.
- TS ISO 16000-26- Türk Standardları Enstitüsü- TSE (2004). İç ortam havası: Karbondioksit konsantrasyonunun ölçülmesi. Ankara: TSE Yayınları.
- TS EN 50291-1- Türk Standardları Enstitüsü- TSE (2006). Ev tipi karbon monoksit (CO) uyarı cihazları - Bölüm 1: Genel kurallar ve deney metotları (Standard No. TS EN 50291-1). Ankara: TSE Yayınları.
- TS ISO 6326-4- Türk Standardları Enstitüsü- TSE (2006). Doğalgaz- Kükürt bileşiklerinin tayini bölüm 4: Hidrojen sülfür karbon sülfür ve kükürt içeren koku verici maddelerin alev fotometrik dedektör kullanılarak gaz kromatografik yöntemle tayini. Ankara: TSE Yayınları.